PART4 【発展】補数の計算

目標

- 足し算しかできないコンピュータで，引き算・掛け算・割り算ができる理由を理解する。
- コンピュータが足し算だけに特化した理由を説明できるようになる。
- 2進法の補数表現を利用して，引き算を行えるようになる。

Chapter1 補数の計算

掛け算・割り算・引き算 → 足し算

コンピュータは，掛け算・割り算・引き算の全てを〔①　　　〕に変換して，計算を行っている。これは，コンピュータの回路を複雑にしすぎないための工夫である。

・掛け算は，〔①　　　　　〕の繰り返しによって表現する。

・引き算は，ある数に対して，足すと1桁繰り上がる最小の数(〔②　　　　　〕)を利用する。例えば，10進法における7の補数は〔③　　　　〕である。

・割り算は，〔④　　　　　〕の繰り返しによって表現する。

掛け算

3×4=12

3を4回足す
3×4=3+3+3+3=12

引き算

6-2=4

-2を8に変換して足す
6+8=14→~~1~~4→4

割り算

9÷3=3

0になるまで
9から3を引いていく
9÷3=9-3-3-3=0→3
3回

知っておこう
ここでは詳しく取り上げないが，コンピュータが行う掛け算や割り算には，「シフト演算」も活用されている。

実際のコンピュータは，これを2進数で計算する。2進数の足し算は，以下の4パターンしか存在しない。

0 ＋ 0 ＝ 〔⑤　　　〕
0 ＋ 1 ＝ 〔⑥　　　〕
1 ＋ 0 ＝ 〔⑦　　　〕
1 ＋ 1 ＝ 〔⑧　　　〕

すなわち，この4パターンを出力できる半加算回路を使えば，あらゆる計算を表現できることになる。

10の補数と2の補数

〔⑨　　　　　　　〕：10 進法で，足すと次の桁に繰り上がってしまう数。

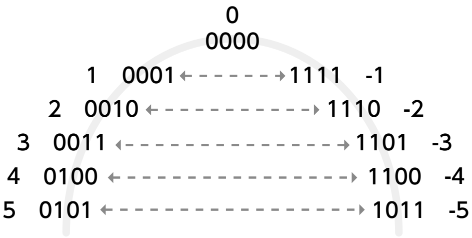
（例）　8　→10 の補数は〔⑩　　　〕

　　　４２９→10 の補数は〔⑪　　　〕

〔⑫　　　　　　〕：2 進法で，足すと次の桁に繰り上がってしまう数。

例）$011_{(2)}$ →２の補数は〔⑬　　　$_{(2)}$〕

２の補数を求める際には，法則があり，毎回引き算を行う必要はない。



〔⑭　　　　　　　　　　　　　　　　　　〕

2の補数を用いた計算

８－６（2 進法では 1000-0110）を計算しよう。

（10 進法）

８　―　６　＝　８〔⑮　　　〕＝〔⑯　　　〕

桁上りを無視すると，これは〔⑰　　〕↑

（2 進法）

1000 ― 0110 ＝　1000〔⑱　　　　〕＝〔⑲　　　　〕

桁上りを無視すると，これは〔⑳　　　〕↑

知っておこう

補数の計算は「桁あふれ」した数を捨てることで成立するため，厳密には事前に桁数を決めておく必要がある。桁を決めなければ，8 の 10 の補数も 92, 992, 9992……と色々なパターンが発生してしまう。

知っておこう

補数表現を行うと，負の数は全て先頭ビットが「1」の数として表すことができる。

重要

単に「1110」と表現すると，これが「-2」を表す数なのか，「14」を表す数なのかわからない。そこで，補数を用いた際には，明示的に「符号付き４ビットで表現」のように断り書きが付くことが多い。

まとめ

・コンピュータは，掛け算・割り算・引き算を足し算に変換して計算している。
・引き算は補数を使って，足し算に変換することができる。2 の補数は，元の 2 進数の 1 を 0，0 を 1 に置き換えて，最後に 1 を足すことで求めることができる。
・2 進数の引き算は，2 の補数に変換すれば全て足し算として計算することができる。

＜MEMO＞

Chapter2　実践問題

問 1　10 進法で表現された数「-13」を符号付き 8 ビットで表しなさい。

問 2　2 進法で表現された数「1010」について次の問に答えなさい。

(1) この数が符号無し 4 ビット表現であるとすると，10 進数でいくつになるか答えなさい。

(2) この数が符号付き 4 ビット表現であるとすると，10 進数でいくつになるか答えなさい。

問 3　10 進法で「7-6」と表される計算を，2 進法で表現し，2 の補数表現を用いて，加算のみで計算しなさい。

＜MEMO＞

第 5 講　PART4　確認問題

問 1　以下のそれぞれの数について，次の各問いに答えなさい。

10 進法で，6 の補数は（　ア　），432 の補数は（　イ　）である。

(1)　空欄（ア）に入る数値として最も適切なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　2　　②　4

③　6　　④　8

(2)　空欄（イ）に入る数値として最も適切なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　8　　②　10

③　564　　④　568

問 2　$101_{(2)}$ の 2 の補数として最も適切なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　$010_{(2)}$　　②　$011_{(2)}$

③　$110_{(2)}$　　④　$111_{(2)}$

問 3　$1010_{(2)} - 0011_{(2)}$ の計算方法について説明した以下の文章について，次の各問いに答えなさい。

2 進数の引き算の場合は，2 の補数を用いて，引き算を足し算に変換して考える。
元の計算式は 1010 − 0011 なので，0011 の 2 の補数を求めると（　ア　）となる。ここから元の計算式を 1010 ＋（　ア　）と足し算に変換する。この足し算の答えの桁上がりを無視すると，答えは（　イ　）となる。

(1) 空欄（ア）に入る数値として最も適切なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 0011　② 1100

③ 1101　④ 1110

(2) 空欄（イ）に入る数値として最も適切なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

① 0100　② 0101

③ 0110　④ 0111

第５講　ハードウェアとソフトウェア

PART1　コンピュータの構成要素

問１　省略

PART2　ソフトウェア

問１　省略

問２　省略

PART3　演算の仕組みと論理回路

問１

入力		出力
A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

問２　省略

PART4　【発展】補数の計算

問１　11110011

問２　（1）10　　（2）-6

問３　省略

PART5　【発展】コンピュータの限界

問１　④

問２　ROUND 関数で丸める。微小値を許容する。など

第 5 講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1) ②

解説：

6 に 4 を足すと 10（次の桁）になることから，6 の補数は 4 である。

(2) ④

解説：

432 に 568 を足すと 1000（次の桁）になることから，432 の補数は 568 である。

問 2　②

解説：

2 の補数は元の 2 進数の 1 と 0 を反転し，最後に 1 を足すことで求められる。この場合は元の数は 101 なので，1 と 0 を反転して 010 となり，最後に +1 をして 011 となる。

問 3

(1) ③

解説：

0011 の 2 の補数を求めると 1101 となる。

(2) ④

解説：

補数を用いて計算すると，答えは 0111 となる。